

## 明 細 書

## 液体噴射装置及び液体噴射装置の制御装置

## 技 術 分 野

本発明は、例えば圧電振動子をアクチュエータとして使用した液体噴射装置に関するものである。

## 背 景 技 術

液体噴射装置、例えばインクジェット式記録装置に用いられる記録ヘッドは、ノズル開口に連通するとともに一部の区画壁が弾性板により構成された圧力発生室を備えている。弾性板には、膨張・収縮可能な圧電振動子の可動端が結合されている。これにより、圧電振動子を膨張・収縮させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、結果としてインクの供給及びインク滴の吐出を行えるようになっている。

このような記録ヘッドを高速に駆動するアクチュエータとして、交互に積層された圧電材料及び導電層からなり、その長手方向に伸長可能な縦振動モードの圧電振動子が使用されている。

縦振動モードの圧電振動子は、たわみ振動タイプの圧電振動子よりも圧力発生室との当接面積が小さく、しかも高速駆動が可能である。このため、より高い解像度での高速印刷が可能である。

ところが、このような縦振動モードの圧電振動子は、高速駆動が可能であるものの、残留振動の減衰率が小さい。このため、インク滴の吐出後に大きな残留振動が残ってメニスカスの挙動に影響を与え得る。例えば、次のインク滴吐出時におけるメニスカスの位置がバラついて、インク滴の飛翔方向が変動し得る。あるいは、メニスカスがノズル開口側に大きくオーバーシュートして、インクミストが生じ、印字品質の低下を招き得る。

そこで、インク滴を吐出した後のメニスカスの残留振動を減衰させてインクミスト

の発生等を防止するため、例えば、特開平9-52360号に開示されたインクジェット式記録装置が考案されている。この記録装置は、圧力発生室を膨張させる第1の信号要素S51と、ノズル開口からインク滴を吐出させるべく膨張状態にある圧力発生室を収縮させる第2の信号要素S52と、インク滴吐出後に生じるメニスカスの振動がノズル開口側に向かう時点で、第1の信号要素S51による膨張容積よりも小さい容積で圧力発生室を膨張させる第3の信号要素S53と、を有する駆動信号PDS（図6参照）を発生するようになっている。これにより、インク滴の吐出後にノズル開口に向かおうとしているメニスカスが、第3の信号要素S53による圧力発生室の膨張によって圧力発生室側に引き込まれ、メニスカスの振動が効果的に減衰され得る。これにより、メニスカスの運動に起因するインクミストの発生が防止される。また、次のインク滴吐出時のメニスカス位置を略一定に調整可能となり、インク滴飛翔の安定化を図ることができる。

図6に示す駆動信号PDSにおいては、第1の信号要素S51の電位差 $V_{c1}$ と第2の信号要素S52の電位差 $V_d$ と第3の信号要素S53の電位差 $V_{c2}$ との間に、 $V_{c1} + V_{c2} = V_d$ なる関係が成立している。

図6に示す駆動信号PDSは、以下のように設計される。

まず、インク滴吐出特性（インク滴の吐出重量や吐出速度）に応じて、第2の信号要素S52の電位差 $V_d$ が設計される。そして、当該電位差 $V_d$ に応じて、電位レベル調整のために、第1の信号要素S51の電位差 $V_{c1}$ と第3の信号要素S53の電位差 $V_{c2}$ とが設計される。ここで、第3の信号要素S53がメニスカスの制振作用を担うことが考慮される。メニスカスが好適に制振されると、次の周期でのインク滴吐出が安定して行われる。

### 発 明 の 要 旨

前述のように、第3の信号要素S53はメニスカスの制振作用を担う。すなわち、第3の信号要素S53は、インク滴吐出後のメニスカスの残留振動に対して、当該メニスカスを逆発振させるタイミングで印加（出力）される。

しかしながら、第3の信号要素S53の振幅が大き過ぎると（電位差 $V_c2$ が大き過ぎると）、制振作用が過剰となる。この場合、本件発明者の知見によれば、メニスカスから延びる柱状のインクがより長く尾を引くようになって、当該尾の部分から生成されるサテライト滴の挙動（運動）が不安定になる。具体的には、当該サテライト滴の速度不足が発生して、当該サテライト滴の飛行方向に曲がりが生じたりする。

従って、第3の信号要素S53の電位差 $V_c2$ は、ある程度の大きさまでに抑えることが好ましい。

一方、第1の信号要素S51の振幅を大きくする場合（電位差 $V_c1$ を大きくする場合）、第1の信号要素S51の継続時間を維持すれば、インク滴の吐出速度が過大となる傾向がある。逆に、第1の信号要素S51の継続時間を長くすれば、駆動信号の一周期が長くなって、インクジェット式記録装置の高周波駆動が困難となる。

更に、本件発明者の知見によれば、多数の圧力発生室が隔壁を介して密に配置されている場合、第1の信号要素S51の振幅を大きくすると、多数の圧力発生室のうち変形されないはずの圧力発生室にまで変形が生じ易くなる（クロストーク）。

従って、第1の信号要素S51の電位差 $V_c1$ も、ある程度の大きさまでに抑えることが好ましい。

本件発明者は、本件発明に至る過程において、第1の信号要素S51の電位差 $V_c1$ と第3の信号要素S53の電位差 $V_c2$ とを独立に設計するために、第1の信号要素S51の前あるいは第3の信号要素S53の後に電位レベル調整のための第4の信号要素を設けることを検討した。

しかしながら、前記のように第4の信号要素を設ければ、駆動信号の一周期が長くなって、インクジェット式記録装置の高周波駆動が困難となる。

本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、液体滴をより安定に吐出させることが可能であると共に、高周波駆動が可能である液体噴射装置を提供することを目的とする。

本発明は、

容積が可変であって液体が供給されると共にノズル開口に連通する内部空間と、周期  $T_c$  の共振周波数と、を有する圧力発生室と、

圧力発生室を膨張させるための第 1 の信号要素と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズル開口から液体滴を吐出させるための第 2 の信号要素と、液体滴吐出後に圧力発生室を第 1 の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第 3 の信号要素と、を有する駆動信号を発生させる信号発生手段と、

駆動信号に基づいて圧力発生室を膨張及び収縮させる圧力発生手段と、を備え、

第 3 の信号要素は、

液体滴吐出後に、圧力発生室を、第 1 の信号要素が出力される前の状態よりも収縮している中間収縮状態まで膨張させる第 1 段階要素と、

中間収縮状態にある圧力発生室を、第 1 の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第 2 段階要素と、

を有しており、

前記第 1 段階要素と前記第 2 段階要素とは、印加時間または勾配の少なくとも一方が実質的に不連続である

ことを特徴とする液体噴射装置である。

本発明によれば、第 3 の信号要素の印加（出力）中における圧力発生室の膨張が少なくとも 2 段階で行われるため、後段階である第 2 段階要素による圧力発生室の膨張段階をメニスカス制振のために設計しても、前段階の第 1 段階要素を利用して電位レベルの調整を行うことができ、第 1 の信号要素の設計に影響を及ぼすことが無い。また、前述のように第 4 の信号要素を設ける場合と異なり、駆動信号の一周期の長さが所定範囲内に容易に抑えられ得る。

このため、サテライト滴の挙動の安定、好適な液体滴吐出速度、及び、液体滴噴射装置の高周波駆動が、同時に好適に実現され得る。

例えば、第 2 段階要素による圧力発生室の膨張は、第 2 段階要素の付与直前の圧力

発生室の状態に対して、不連続に開始されるようになっている。好ましくは、前記第3の信号要素の前記第1段階要素と前記第3の信号要素の前記第2段階要素との間には、前記中間収縮状態を維持させる中間段階要素が設けられている。

この場合について、第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第1段階要素の出力終了時までの時間 $T_1$ と第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第2段階要素の出力終了時までの時間 $T_2$ との関係について説明する。

前記時間 $T_1$ 、 $T_2$ 間に $T_1 \cong T_2 \times 1/2$ なる関係が成立している場合、第1段階要素の印加（出力）は、メニスカスの更なる加振を促すことになる。従って、前記時間 $T_1$ 、 $T_2$ 間には、 $T_1 \neq 2 \times 1/2$ なる関係が成立していることが好ましい。更に、本件発明者による各種の実験結果からの知見によれば、前記時間 $T_1$ 、 $T_2$ 間に $T_1 < T_2 \times 1/2$ なる関係が成立していることが好ましい。特に好適には、 $T_1 \leq T_2 \times 1/4$ である。

また、前記時間 $T_2$ については、圧力発生室の内部空間の共振周波数の周期 $T_c$ と実質的に等しくなるように設定されていることが好ましい。

あるいは、前記時間 $T_2$ については、圧力発生室の内部空間の共振周波数の周期 $T_c$ のヘッド個体毎等のばらつきに対応して、可変に設定されることが好ましい。

なお、前述のように、第3の信号要素の第1段階要素は、電位レベル調整のために利用される要素である。しかしながら、当該第1段階要素の印加に起因する振動については、特に積極的な制振が考慮されていないため、当該振動が有意な大きさになるとメニスカスの挙動がやはり不安定になる。

当該観点から、発明者の知見によれば、第3の信号要素の第1段階要素の振幅 $V_p$ は、第2の信号要素の振幅 $V_d$ の20%以下、特に15%以下、であることが好ましい。

また、前記第1段階要素と前記第2段階要素とが連続している場合には、第1段階要素の第2段階要素との接続部までの勾配と第2段階要素の第1段階要素との接続部からの勾配とが不連続である（すなわち、異なっている）。

この場合について、本件発明者の種々の実験結果に基づく知見によれば、第1段階要素の第2段階要素との接続部までの勾配は、第2段階要素の第1段階要素との接続部からの勾配に対して、緩やかであることが好ましい。

また、本件発明者の種々の実験結果に基づく知見によれば、第1の信号要素の振幅 $V_{c1}$ は、第2の信号要素の振幅 $V_d$ の50%未満であることが好ましい。

また、本件発明者の種々の実験結果に基づく知見によれば、第3の信号要素の第1段階要素の振幅 $V_p$ は、第2の信号要素の振幅 $V_d$ の40%未満であることが好ましい。

また、本件発明者の種々の実験結果に基づく知見によれば、第3の信号要素の第2段階要素の振幅 $V_{c2}$ は、第2の信号要素の振幅 $V_d$ の20%より大きいことが好ましい。

また、本件発明者の種々の実験結果に基づく知見によれば、第3の信号要素の第1段階要素の振幅 $V_p$ は、第3の信号要素の第2段階要素の振幅 $V_{c2}$ 以下であることが好ましい。

圧力発生手段は、例えば圧電振動子を有している。高速かつ連続の液体滴の吐出のためには、圧電振動子は、縦振動モードの圧電振動子であることが好ましい。もっとも、たわみ振動モードの圧電振動子も利用可能である。

また、本発明は、

容積が可変であって液体が供給されると共にノズル開口に連通する内部空間と、周期 $T_c$ の共振周波数と、を有する圧力発生室と、

駆動信号に基づいて圧力発生室を膨張及び収縮させる圧力発生手段と、  
を備えた液体噴射装置を制御する装置であって、

圧力発生室を膨張させるための第1の信号要素と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズル開口から液体滴を吐出させるための第2の信号要素と、液体滴吐出後に圧力発生室を第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第3の信号要素と、を有する駆動信号を発生させる信号発生手段を備え、

第3の信号要素は、

液体滴吐出後に、圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態よりも収縮している中間収縮状態まで膨張させる第1段階要素と、

中間収縮状態にある圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第2段階要素と、

を有しており、

前記第1段階要素と前記第2段階要素とは、印加時間または勾配の少なくとも一方が実質的に不連続である

ことを特徴とする制御装置である。

前記の制御装置あるいは制御装置の各要素手段は、コンピュータシステムによって実現され得る。

また、コンピュータシステムに各装置または各手段を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体も、本件の保護対象である。

ここで、記録媒体とは、フロッピーディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明によるインクジェット式記録装置に用いられる記録ヘッドの一例を示す断面図である。

図2は、図1の記録ヘッドの駆動回路の一例を示すブロック図である。

図3は、図2の制御信号発生回路の一例を示すブロック図である。

図4は、本発明による駆動信号の一例を示す図である。

図5は、本発明による駆動信号の他の例を示す図である。

図6は、従来の駆動信号の一例を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

次に、本発明の実施の形態について詳しく説明する。

図1は、本発明によるインクジェット式記録装置（液体噴射装置の一例）に用いられる記録ヘッドの一例を示すものである。図1の記録ヘッドは、主として、ノズル開口2及び圧力発生室3が形成されたインク流路ユニット11と、圧電振動子9を収容するヘッドケース12と、を有している。インク流路ユニット11とヘッドケース12とは、互いに接合されている。

インク流路ユニット11は、図1に示すように、複数のノズル開口2が穿設されたノズルプレート1と、圧力発生室3、共通のインク室4及びこれらを連通させるインク供給口5に対応する空間が各ノズル開口2に対応して形成された流路構成板7と、圧力発生室3の少なくとも一部を区画するための弾性板8と、が積層されて形成されている。

圧電振動子9は、圧電材料と導電材料が交互に長手方向に平行に積層されて構成されている。これにより、充電状態では導電層の積層方向と直角な長手方向に収縮し、放電状態では元の状態に戻る（収縮状態からは長手方向に伸長する）。すなわち、圧電振動子9は、いわゆる縦振動モードの振動子である。圧電振動子9は、その先端（可動端）が圧力発生室3の一部を区画している弾性板8の当該区画部分に接合され、他端が基台10を介してヘッドケース12に固定されている。

このような記録ヘッドでは、圧電振動子9の収縮・伸長に対応して圧力発生室3が膨張・収縮する。圧力発生室3の膨張・収縮に伴う圧力発生室3内のインクの圧力変動により、インクが圧力発生室3内に吸引され、インク滴がノズル開口2から吐出される。

ここで、上記のように構成されたインクジェット式記録ヘッドでは、圧力発生室3内のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスを $C_i$ 、圧力発生室3を形成している弾性板8及びノズルプレート1等の材料自体の固体コンプライアンスを $C_v$ 、ノズル開口2のイナータンスを $M_n$ 、インク供給口5のイナータンスを $M_s$ とすると、圧力発生室3のヘルムホルツ共振周波数 $F_H$ を次の式、



$$FH = 1 / (2\pi) \times \sqrt{\{(Mn + Ms) / [(Ci + Cv) \cdot (Mn \times Ms)]\}}$$

により表すことができる。

また、ヘルムホルツ共振周波数の周期  $T_c$  は、上記ヘルムホルツ共振周波数  $FH$  の逆数 ( $T_c = 1 / FH$ ) で表される。

なお、流体コンプライアンス  $C_i$  は、圧力発生室 3 の体積を  $V$ 、インクの密度を  $\rho$ 、インク中での音速を  $c$  とすると、

$$C_i = V / (\rho \times c^2)$$

により表すことができる。

さらに、圧力発生室 3 の固体コンプライアンス  $C_v$  は、圧力発生室 3 に単位圧力を印加したときの圧力発生室 3 の静的な変形率に一致する。

具体的には、例えば、長さが 0.5 ~ 2 mm で、幅 0.1 ~ 0.2 mm、深さ 0.05 ~ 0.3 mm のサイズとして構成された圧力発生室 3 の場合、ヘルムホルツ共振周波数  $FH$  は、50 kHz ~ 200 kHz 程度となり、ヘルムホルツ共振周波数の周期  $T_c$  は、20  $\mu$ sec ~ 5  $\mu$ sec となる。代表例として、固体コンプライアンス  $C_v$  が  $7.5 \times 10^{-21}$  [ $m^5/N$ ]、流体コンプライアンス  $C_i$  が  $5.5 \times 10^{-21}$  [ $m^5/N$ ]、ノズル開口 2 のイナータンス  $M_n$  が  $1.5 \times 10^{-8}$  [ $kg/m^4$ ]、インク供給口 5 のイナータンス  $M_s$  が  $3.5 \times 10^{-8}$  [ $kg/m^4$ ] である時、ヘルムホルツ共振周波数  $FH$  は 136 kHz となり、ヘルムホルツ共振周波数の周期  $T_c$  は 7.3  $\mu$ sec となる。

図 2 は、上述したような記録ヘッドを駆動する駆動回路の一例を示すものである。図 2 に示すように、制御信号発生回路 20 は、入力端子 21, 22 と出力端子 23, 24, 25 とを備える。入力端子 21, 22 には、印刷データを生成する外部装置から印字信号とタイミング信号とが入力されるようになっている。出力端子 23, 24, 25 からは、それぞれ、シフトクロック信号、印字信号およびラッチ信号が出力されるようになっている。

駆動信号発生回路 26 は、前記入力端子 22 に入力されるのと同様の外部装置からのタイミング信号に基づいて、圧電振動子 9 を駆動する駆動信号を出力するようになっている。

F 1 は、ラッチ回路を構成するフリップフロップであり、F 2 は、シフトレジスタを構成するフリップフロップである。フリップフロップ F 2 から各圧電振動子 9 に対応して出力される信号がフリップフロップ F 1 でラッチされると、オアゲート 28 を介して、各スイッチングトランジスタ 30 に選択信号が出力されるようになっている。

図 3 は、制御信号発生回路 20 の一例を示す。カウンタ 31 は、入力端子 22 から入力されるタイミング信号の立ち上がりで初期化されるようになっている。そして、カウンタ 31 は、初期化された後、発振回路 33 からのクロック信号をカウントし、当該カウント値が駆動信号発生回路 26 の出力端子 29 に接続されている圧電振動子 9 の数（変形駆動可能な圧力発生室 3 の数）に一致した時点で、LOW レベルのキャリー信号を出力して計数動作を停止するようになっている。このカウンタ 31 のキャリー信号は、AND ゲート 32 において発振回路 33 からのクロック信号との論理積を取られて、出力端子 23 にシフトクロック信号として出力される。

また、メモリ 34 は、入力端子 21 から入力される、圧電振動子 9 の数に一致するビット数の印字データを記憶するようになっている。メモリ 34 は、AND ゲート 32 からの信号に同期して、内部に記憶されている印字データを出力端子 24 に 1 ビット毎にシリアル出力する機能を合わせ備えている。

出力端子 24 からシリアル転送される印字信号は、次の印刷周期でのスイッチングトランジスタ 30 の選択信号となるべく、印字信号の出力端子 23 から出力されたシフトクロック信号によってフリップフロップ F 2（シフトレジスタ）にラッチされる。なお、ラッチ信号は、カウンタ 31 の LOW レベルのキャリー信号の出力に同期してラッチ信号生成回路 35 から出力される。ラッチ信号の出力の時点は、駆動信号が中間電位 VM を維持する期間である。

図 4 は、駆動信号発生回路 26 により発生される駆動信号 DS の一例である。駆動

信号発生回路 26 としては、公知の任意の信号発生回路が利用され得る。

図 4 に示すように、当該駆動信号  $DS$  は、中間電位  $VM$  から電圧  $VH$  に一定の勾配で上昇し、この電圧  $VH$  を一定時間  $Th1$  保持し、今度は一定の勾配で  $VL$  まで降下し、この電圧  $VL$  を一定時間  $Th2$  保持し、さらに再び収縮中間電位  $VL2$  まで一定の緩やかな勾配で上昇し、その後により急峻な一定の勾配で中間電位  $VM$  まで上昇する駆動信号である。

中間電位  $VM$  から電圧  $VH$  に一定の勾配で上昇する充電信号要素  $S1$  が、本発明における第 1 の信号要素である。第 1 の信号要素  $S1$  の振幅（電位差） $Vc1$  は、 $VH - VM$  である。

電圧  $VH$  から電圧  $VL$  に一定の勾配で降下する放電信号要素  $S2$  が、本発明における第 2 の信号要素である。第 2 の信号要素  $S2$  の振幅（電位差） $Vd$  は、 $VH - VL$  である。

電圧  $VL$  から収縮中間電位  $VL2$  に緩やかな一定の勾配で上昇する充電信号要素  $S3a$  が、本発明における第 3 の信号要素  $S3$  の第 1 段階要素である。第 3 の信号要素  $S3$  の第 1 段階要素  $s3a$  の振幅（電位差） $Vp$  は、 $VL2 - VL$  である。

収縮中間電位  $VL2$  から中間電位に、第 1 段階要素  $s3a$  よりも急峻な一定の勾配で上昇する充電信号要素  $S3b$  が、本発明における第 3 の信号要素  $S3$  の第 2 段階要素である。第 3 の信号要素  $S3$  の第 2 段階要素  $s3b$  の振幅（電位差） $Vc2$  は、 $VM - VL2$  である。

第 2 の信号要素  $S2$  の振幅（電位差） $Vd$  は、インク滴の所望の吐出特性に基づいて設計されている。一方、第 2 段階要素  $s3b$  の振幅（電位差） $Vc2$  は、メニスカスの好適な制振を目的として設計されている。本件発明者による各種の実験結果からの知見によれば、第 3 の信号要素  $S3$  の第 2 段階要素  $S3b$  の振幅  $Vc2$  は、第 2 の信号要素  $S2$  の振幅  $Vd$  の 20% より大きいことが好ましい。そして、第 1 の信号要素  $S1$  の振幅（電位差） $Vc1$  は、インク滴の吐出速度と駆動信号  $DS$  の一周期の時間（周波数）とのバランスに基づいて設計されている。本件発明者による各種の実験

結果からの知見によれば、第1の信号要素S1の振幅 $V_{c1}$ は、第2の信号要素S2の振幅 $V_d$ の50%未満であることが好ましい。そして、緩やかな勾配の第1段階要素s3aが、電位レベル調整のために挿入されている。

以上により、第3の信号要素S3の印加（出力）中における圧力発生室の膨張は、2段階で行われる。このため、後段階である第2段階要素S3bによる圧力発生室の膨張段階がメニスカス制振のために設計されても、前段階の第1段階要素S3aを利用して電位レベルの調整が行われて、第1の信号要素S1の設計に影響を及ぼすことが無い。

従って、駆動信号DSは、サテライト滴の挙動の安定と好適な液体滴吐出速度とを実現すると共に、高周波駆動に対応可能な信号となっている。また、この駆動信号DSによれば、クロストークの発生も抑制され得る。

その他、本実施の形態では、第3の信号要素S3の第1段階要素S3aの振幅 $V_p$ は、第2の信号要素S2の振幅 $V_d$ の40%未満であり、かつ、第3の信号要素S3の第2段階要素S3bの振幅 $V_{c2}$ 以下である。

前述のように、第3の信号要素S3の第1段階要素S3aは、電位レベル調整のために利用される要素である。しかしながら、当該第1段階要素S3aの印加に起因する振動が大きくなると、メニスカスの挙動がやはり不安定になる。この点について、本件発明者は、各種の実験結果から、第3の信号要素S3の第1段階要素S3aについて、その勾配が小さければ小さいほど好適であり（もともと、小さ過ぎると駆動信号の一周期が長くなる）、振幅 $V_p$ については、第2の信号要素S2の振幅 $V_d$ の40%未満であること、及び／または、第3の信号要素S3の第2段階要素S3bの振幅 $V_{c2}$ 以下であること、が好ましいことを知見した。

次に、以上のように構成された装置の動作について説明する。前述したように制御信号発生回路20は、前の印刷周期の間に、スイッチングトランジスタ30のための選択信号をフリップフロップF1に転送して、全ての圧電振動子9が中間電位VMに充電されている期間にフリップフロップF1にこの選択信号をラッチさせる。その後、

タイミング信号が入力されると、図4に示す駆動信号DSが中間電位VMから電圧VHまで上昇して（第1の充電信号要素S1）、圧電振動子9が充電される。圧電振動子9は、この充電により、略一定速度で収縮して圧力発生室3を膨張させる。

圧力発生室3が膨張すると、共通のインク室4のインクがインク供給口5を介して圧力発生室3に流れ込む。同時に、ノズル開口2のメニスカスが圧力発生室3側に引き込まれる。駆動信号が電圧VHに到達すると、所定時間Th1の期間だけこの電圧VHが維持され、その後に電位VLに向けて降下する（第2の放電信号要素S2）。

駆動信号が電位VLに向けて降下する際、電圧VHに充電されていた圧電振動子9の充電電荷が、ダイオードDを介して放電される。これにより、圧電振動子9は伸長して圧力発生室3を収縮させる。圧力発生室3が収縮すると、インクが加圧されてノズル開口2からインク滴として吐出される。

さらに、駆動信号DSが電圧VLから収縮中間電位VL2に向けて再び上昇し（第3の充電信号要素S3の第1段階要素S3a）、圧電振動子9が再び充電される。これにより、圧力発生室3は微小に膨張するが、その量は微小であり、その速度は遅い。

そして、駆動信号DSが収縮中間電圧VL2から中間電位VM2に向けて再び上昇し（第3の充電信号要素S3の第2段階要素S3b）、圧電振動子9が更に充電される。これにより、圧力発生室3は膨張する。この時、圧力発生室3の残留振動と逆位相で第2段階要素S3bが出力される（図4参照）。これにより、ノズル開口2側への移動を開始するメニスカスが圧力発生室3側に引き戻され、メニスカスの運動エネルギーが減じられて、その振動が急速に減衰する。

このように、上記インクジェット式記録装置によれば、第3の信号要素S3の印加（出力）中における圧力発生室の膨張を2段階とすることにより、サテライト滴の挙動の安定と好適な液体滴吐出速度とを実現する高周波駆動に対応可能な信号が利用される。これにより、上記インクジェット式記録装置は、液体滴をより安定に吐出させることが可能であると共に、高周波駆動が可能である。

特に、第3の充電信号要素S3の第1段階要素S3aと第2段階要素S3bとが連

続しているため、第1段階要素 $S3a$ の勾配を可及的に小さくして第1段階要素 $S3a$ による圧力発生室3の膨張を緩やかにすることにより、より効果的にメニスカスの制振作用を得ることができる。

さて、図5は、駆動信号発生回路26により発生される駆動信号の他の例である。

図5に示すように、当該駆動信号 $DS'$ は、中間電位 $VM$ から電圧 $VH$ に一定の勾配で上昇し、この電圧 $VH$ を一定時間 $Th1$ 保持し、今度は一定の勾配で $VL$ まで降下し、この電圧 $VL$ を一定時間 $Th2$ 保持し、さらに再び収縮中間電位 $VL2$ まで一定の勾配で上昇し、この電圧 $VL2$ を一定時間 $Th3$ 保持し、その後一定の勾配で中間電位 $VM$ まで上昇する駆動信号である。

中間電位 $VM$ から電圧 $VH$ に一定の勾配で上昇する充電信号要素 $S1$ が、本発明における第1の信号要素である。第1の信号要素 $S1$ の振幅（電位差） $Vc1$ は、 $VH - VM$ である。

電圧 $VH$ から電圧 $VL$ に一定の勾配で降下する放電信号要素 $S2$ が、本発明における第2の信号要素である。第2の信号要素 $S2$ の振幅（電位差） $Vd$ は、 $VH - VL$ である。

電圧 $VL$ から収縮中間電位 $VL2$ に一定の勾配で上昇する充電信号要素 $S3a$ が、本発明における第3の信号要素 $S3$ の第1段階要素である。第3の信号要素 $S3$ の第1段階要素 $s3a$ の振幅（電位差） $Vp$ は、 $VL2 - VL$ である。

収縮中間電位 $VL2$ から中間電位に一定の勾配で上昇する充電信号要素 $S3b$ が、本発明における第3の信号要素 $S3$ の第2段階要素である。第3の信号要素 $S3$ の第2段階要素 $s3b$ の振幅（電位差） $Vc2$ は、 $VM - VL2$ である。

その他、電圧 $VL2$ を一定時間だけ保持する信号要素が、本発明における第3の信号要素 $S3$ の中間段階要素 $S3m$ である。

第2の信号要素 $S2$ の振幅（電位差） $Vd$ は、インク滴の所望の吐出特性に基づいて設計されている。一方、第2段階要素 $s3b$ の振幅（電位差） $Vc2$ は、メニスカスの好適な制振を目的として設計されている。そして、第1の信号要素 $S1$ の振幅

(電位差)  $V_{c1}$  は、インク滴の吐出速度と駆動信号  $DS'$  の一周期の時間 (周波数) とのバランスに基づいて設計されている。そして、第1段階要素  $S3a$  は、電位レベル調整のために挿入されている。

以上により、第3の信号要素  $S3$  の印加 (出力) 中における圧力発生室の膨張は、2段階で行われる。このため、後段階である第2段階要素  $S3b$  による圧力発生室の膨張段階がメニスカス制振のために設計されても、前段階の第1段階要素  $S3a$  を利用して電位レベルの調整が行われて、第1の信号要素  $S1$  の設計に影響を及ぼすことが無い。

従って、駆動信号  $DS'$  は、サテライト滴の挙動の安定と好適な液体滴吐出速度とを実現すると共に、高周波駆動に対応可能な信号となっている。また、この駆動信号  $DS'$  によれば、クロストークの発生も抑制され得る。

なお、電圧  $V_L$  が維持される時間  $T_{h2}$ 、すなわち、第2の信号要素  $S2$  の出力終了時から第3の信号要素  $S3$  の第1段階要素  $S3a$  の出力開始時までの時間  $T_{h2}$  は、駆動信号発生回路26の構成上の要請から、 $0.6\mu s$  以上である。

また、本実施の形態では、第2の信号要素  $S2$  の出力終了時から第3の信号要素  $S3$  の第1段階要素  $S3a$  の出力終了時までの時間  $T_1$  と第2の信号要素  $S2$  の出力終了時から第3の信号要素  $S3$  の第2段階要素  $S3b$  の出力終了時までの時間  $T_2$  との間には、 $T_1 \approx T_2 \times 1/4$  なる関係が成立している。

具体的に数値を挙げれば、 $T_c = 7.3\mu s$  である時、 $T_{h2} = 0.6\mu s$ 、 $S3a = 1.0\mu s$ 、 $T_{h3} = 2.8\mu s$ 、 $S3b = 2.3\mu s$ 、である。

また、前記時間  $T_2$  は、圧力発生室の内部空間の共振周波数の周期  $T_c$  と実質的に等しくなるように設定されている。これにより、効果的な制振作用を得ることができ

る。

ここで、第2の信号要素  $S2$  の出力終了時から第3の信号要素  $S3$  の第1段階要素  $S3a$  の出力終了時までの時間  $T_1$  と第2の信号要素  $S2$  の出力終了時から第3の信号要素  $S3$  の第2段階要素  $S3b$  の出力終了時までの時間  $T_2$  との関係について説明

する。

前記時間  $T_1$ 、 $T_2$  間に  $T_1 \neq T_2 \times 1/2$  なる関係が成立している場合、第1段階要素の印加（出力）は、メニスカスの更なる加振を促すことになる。従って、前記時間  $T_1$ 、 $T_2$  間には、 $T_1 \neq 2 \times 1/2$  なる関係が成立していることが好ましい。

更に、本件発明者による各種の実験結果からの知見によれば、前記時間  $T_1$ 、 $T_2$  間に  $T_1 < T_2 \times 1/2$  なる関係が成立していることが好ましい。特に好適には、 $T_1 \leq T_2 \times 1/4$  である。前記時間  $T_1$ 、 $T_2$  間に  $T_1 > T_2 \times 1/2$  なる関係が成立している場合も、本発明の有効性は確認され得るが、その程度は、第1段階要素  $S_{3a}$  と第2段階要素  $S_{3b}$  とが一連の同一勾配の信号要素である（この場合、第2段階要素  $S_{3b}$  による圧力発生室の膨張は、第2段階要素  $S_{3b}$  の付与直前の圧力発生室の状態に対して連続に行われる）従来例（図6参照）と比較して、大きくない。

その他、本実施の形態では、第3の信号要素  $S_3$  の第1段階要素  $S_{3a}$  の振幅  $V_p$  は、第2の信号要素  $S_2$  の振幅  $V_d$  の15%である。

前述のように、第3の信号要素  $S_3$  の第1段階要素  $S_{3a}$  は、電位レベル調整のために利用される要素である。しかしながら、当該第1段階要素  $S_{3a}$  の印加に起因する振動については、特に積極的な制振が考慮されていない。このため、当該振動が有意な大きさになると、メニスカスの挙動がやはり不安定になる。

本件発明者は、各種の実験結果から、第3の信号要素  $S_3$  の第1段階要素  $S_{3a}$  の振幅  $V_p$  は、第2の信号要素  $S_2$  の振幅  $V_d$  の20%以下、特に15%以下、であることが好ましいことを知見した。

次に、以上のような駆動信号  $DS'$  を用いる場合の前記装置の動作について説明する。前述したように制御信号発生回路20は、前の印刷周期の間に、スイッチングトランジスタ30のための選択信号をフリップフロップF1に転送して、全ての圧電振動子9が中間電位  $V_M$  に充電されている期間にフリップフロップF1にこの選択信号をラッチさせる。その後、タイミング信号が入力されると、図5に示す駆動信号  $DS'$  が中間電位  $V_M$  から電圧  $V_H$  まで上昇して（第1の充電信号要素  $S_1$ ）、圧電振動



子 9 が充電される。圧電振動子 9 は、この充電により、略一定速度で収縮して圧力発生室 3 を膨張させる。

圧力発生室 3 が膨張すると、共通のインク室 4 のインクがインク供給口 5 を介して圧力発生室 3 に流れ込む。同時に、ノズル開口 2 のメニスカスが圧力発生室 3 側に引き込まれる。駆動信号が電圧  $V_H$  に到達すると、所定時間  $T_{h1}$  の期間だけこの電圧  $V_H$  が維持され、その後に電位  $V_L$  に向けて降下する（第 2 の放電信号要素  $S_2$ ）。

駆動信号が電位  $V_L$  に向けて降下する際、電圧  $V_H$  に充電されていた圧電振動子 9 の充電電荷が、ダイオード  $D$  を介して放電される。これにより、圧電振動子 9 は伸長して圧力発生室 3 を収縮させる。圧力発生室 3 が収縮すると、インクが加圧されてノズル開口 2 からインク滴として吐出される。

さらに、駆動信号  $DS'$  が電圧  $V_L$  から収縮中間電位  $V_{L2}$  に向けて再び上昇し（第 3 の充電信号要素  $S_3$  の第 1 段階要素  $S_{3a}$ ）、圧電振動子 9 が再び充電される。これにより、圧力発生室 3 は微小に膨張するが、その量は微小である。

そして、駆動信号  $DS'$  が収縮中間電圧  $V_{L2}$  から中間電位  $V_{M2}$  に向けて再び上昇し（第 3 の充電信号要素  $S_3$  の第 2 段階要素  $S_{3b}$ ）、圧電振動子 9 が更に充電される。これにより、圧力発生室 3 は膨張する。この時、圧力発生室 3 の残留振動と逆位相で第 2 段階要素  $S_{3b}$  が出力される。これにより、ノズル開口 2 側への移動を開始するメニスカスが圧力発生室 3 側に引き戻され、メニスカスの運動エネルギーが減じられて、その振動が急速に減衰する。

このように、駆動信号  $DS'$  も、第 3 の信号要素  $S_3$  の印加（出力）中における圧力発生室の膨張を 2 段階として、サテライト滴の挙動の安定と好適な液体滴吐出速度とを実現する高周波駆動に対応可能な信号である。これにより、上記インクジェット式記録装置は、液体滴をより安定に吐出させることが可能であると共に、高周波駆動が可能である。

なお、制御信号発生回路 20、駆動信号発生回路 26 等は、コンピュータシステムによっても構成され得る。コンピュータシステムに前記各要素を実現させるためのプ

プログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体 201 も、本件の保護対象である。

さらに、前記の各要素が、コンピュータシステム上で動作する OS 等のプログラムによって実現される場合、当該 OS 等のプログラムを制御する各種命令を含むプログラム及び当該プログラムを記録した記録媒体 202 も、本件の保護対象である。

ここで、記録媒体 201、202 とは、フロッピーディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

圧電振動子としては、たわみ振動モードの圧電振動子を用いることも可能である。たわみ振動モードの圧電振動子は、充電による変形で圧力室を収縮させ、放電による変形で圧力室を膨張させる圧電振動子である。この場合、圧電振動子に供給される波形の上下（正負）の関係が、縦振動モードの場合と比べて反転する。

なお、以上の説明はインクジェット式記録装置についてなされているが、本発明は、広く液体噴射装置全般を対象としたものである。液体の例としては、インクの他に、グルー、マニキュア等が用いられ得る。

## 請求の範囲

1. 容積が可変であって液体が供給されると共にノズル開口に連通する内部空間と、周期 $T_c$ の共振周波数と、を有する圧力発生室と、

圧力発生室を膨張させるための第1の信号要素と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズル開口から液体滴を吐出させるための第2の信号要素と、液体滴吐出後に圧力発生室を第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第3の信号要素と、を有する駆動信号を発生させる信号発生手段と、

駆動信号に基づいて圧力発生室を膨張及び収縮させる圧力発生手段と、を備え、

第3の信号要素は、

液体滴吐出後に、圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態よりも収縮している中間収縮状態まで膨張させる第1段階要素と、

中間収縮状態にある圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第2段階要素と、

を有しており、

前記第1段階要素と前記第2段階要素とは、印加時間または勾配の少なくとも一方が実質的に不連続である

ことを特徴とする液体噴射装置。

2. 前記第3の信号要素の前記第1段階要素と前記第3の信号要素の前記第2段階要素との間には、前記中間収縮状態を維持させる中間段階要素が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の液体噴射装置。

3. 第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第1段階要素の出力終了時までの時間 $T_1$ と第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第2段階要素の出力終了時までの時間 $T_2$ との間に、 $T_1 < T_2 \times 1/2$ なる関係が成立している

ことを特徴とする請求項 2 に記載の液体噴射装置。

4. 第 2 の信号要素の出力終了時から第 3 の信号要素の第 1 段階要素の出力終了時までの時間  $T_1$  と第 2 の信号要素の出力終了時から第 3 の信号要素の第 2 段階要素の出力終了時までの時間  $T_2$  との間に、 $T_1 \leq T_2 \times 1/4$  なる関係が成立していることを特徴とする請求項 3 に記載の液体噴射装置。

5. 第 2 の信号要素の出力終了時から第 3 の信号要素の第 2 段階要素の出力終了時までの時間  $T_2$  が、圧力発生室の内部空間の共振周波数の周期  $T_c$  と実質的に等しくなるように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の液体噴射装置。

6. 第 2 の信号要素の出力終了時から第 3 の信号要素の第 2 段階要素の出力終了時までの時間  $T_2$  が、圧力発生室の内部空間の共振周波数の周期  $T_c$  に応じて可変に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の液体噴射装置。

7. 第 3 の信号要素の第 1 段階要素の振幅  $V_p$  は、第 2 の信号要素の振幅  $V_d$  の 20% 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の液体噴射装置。

8. 第 3 の信号要素の第 1 段階要素の振幅  $V_p$  は、第 2 の信号要素の振幅  $V_d$  の 15% 以下であることを特徴とする請求項 7 に記載の液体噴射装置。

9. 前記第 1 段階要素と前記第 2 段階要素とは連続しており、

第1段階要素の第2段階要素との接続部までの勾配と第2段階要素の第1段階要素との接続部からの勾配とは、異なっている  
ことを特徴とする請求項1に記載の液体噴射装置。

10. 第1段階要素の第2段階要素との接続部までの勾配は、第2段階要素の第1段階要素との接続部からの勾配に対して、緩やかである  
ことを特徴とする請求項9に記載の液体噴射装置。

11. 圧力発生手段は、縦振動モードの圧電振動子を有している  
ことを特徴とする請求項1に記載の液体噴射装置。

12. 容積が可変であって液体が供給されると共にノズル開口に連通する内部空間と、周期 $T_c$ の共振周波数と、を有する圧力発生室と、

駆動信号に基づいて圧力発生室を膨張及び収縮させる圧力発生手段と、  
を備えた液体噴射装置を制御する装置であって、

圧力発生室を膨張させるための第1の信号要素と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズル開口から液体滴を吐出させるための第2の信号要素と、液体滴吐出後に圧力発生室を第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第3の信号要素と、を有する駆動信号を発生させる信号発生手段を備え、

第3の信号要素は、

液体滴吐出後に、圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態よりも収縮している中間収縮状態まで膨張させる第1段階要素と、

中間収縮状態にある圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第2段階要素と、

を有しており、

前記第1段階要素と前記第2段階要素とは、印加時間または勾配の少なくとも一方

が実質的に不連続である  
ことを特徴とする制御装置。

13. 前記第3の信号要素の前記第1段階要素と前記第3の信号要素の前記第2段階要素との間には、前記中間収縮状態を維持させる中間段階要素が設けられていることを特徴とする請求項12に記載の制御装置。

14. 第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第1段階要素の出力終了時までの時間 $T_1$ と第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第2段階要素の出力終了時までの時間 $T_2$ との間に、 $T_1 < T_2 \times 1/2$ なる関係が成立していることを特徴とする請求項13に記載の制御装置。

15. 第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第1段階要素の出力終了時までの時間 $T_1$ と第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第2段階要素の出力終了時までの時間 $T_2$ との間に、 $T_1 \leq T_2 \times 1/4$ なる関係が成立していることを特徴とする請求項14に記載の制御装置。

16. 第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第2段階要素の出力終了時までの時間 $T_2$ が、圧力発生室の内部空間の共振周波数の周期 $T_c$ と実質的に等しくなるように設定されていることを特徴とする請求項12に記載の制御装置。

17. 第2の信号要素の出力終了時から第3の信号要素の第2段階要素の出力終了時までの時間 $T_2$ が、圧力発生室の内部空間の共振周波数の周期 $T_c$ に応じて可変

に設定されている

ことを特徴とする請求項 12 に記載の制御装置。

18. 第3の信号要素の第1段階要素の振幅  $V_p$  は、第2の信号要素の振幅  $V_d$  の20%以下である

ことを特徴とする請求項 12 に記載の制御装置。

19. 第3の信号要素の第1段階要素の振幅  $V_p$  は、第2の信号要素の振幅  $V_d$  の15%以下である

ことを特徴とする請求項 12 に記載の制御装置。

20. 前記第1段階要素と前記第2段階要素とは連続しており、

第1段階要素の第2段階要素との接続部までの勾配と第2段階要素の第1段階要素との接続部からの勾配とは、異なっている

ことを特徴とする請求項 12 に記載の制御装置。

21. 第1段階要素の第2段階要素との接続部までの勾配は、第2段階要素の第1段階要素との接続部からの勾配に対して、緩やかである

ことを特徴とする請求項 20 に記載の制御装置。

## 要 約 書

本発明の液体噴射装置は、容積が可変であって液体が供給されると共にノズル開口に連通する内部空間と、周期 $T_c$ の共振周波数と、を有する圧力発生室と、圧力発生室を膨張させるための第1の信号要素と、膨張状態にある圧力発生室を収縮させてノズル開口から液体滴を吐出させるための第2の信号要素と、液体滴吐出後に圧力発生室を第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第3の信号要素と、を有する駆動信号を発生させる信号発生手段と、駆動信号に基づいて圧力発生室を膨張及び収縮させる圧力発生手段と、を備える。第3の信号要素は、液体滴吐出後に、圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態よりも収縮している中間収縮状態まで膨張させる第1段階要素と、中間収縮状態にある圧力発生室を、第1の信号要素が出力される前の状態まで膨張させる第2段階要素と、を有している。前記第1段階要素と前記第2段階要素とは、印加時間または勾配の少なくとも一方が実質的に不連続である。